

XVI ERIAC
DECIMOSEXTO ENCUENTRO
REGIONAL IBEROAMERICANO DE CIGRÉ

17 al 21 de mayo de 2015



C1-29

Comité de Estudio C1 - Desarrollo de Sistemas y Economía

MODERNIZAÇÃO MECÂNICA E ELÉTRICA EM EQUIPAMENTOS DE MOVIMENTAÇÃO DE CARGA

B. DOS SANTOS*
Alstom Brasil Energia e Transporte LTDA
Brasil

J. C. G. MOREIRA
Alstom Brasil Energia e Transporte LTDA
Brasil

L. GIOVANETTI
Alstom Brasil Energia e Transporte LTDA
Brasil

Resumo *– No meio de produção em geral, equipamentos diversos, tais como Pontes Rolantes, Pórticos entre outros são utilizados para movimentação de materiais e/ou escoamento da produção. A disponibilidade e monitoramento da condição de operação destes equipamentos são essenciais para acompanhar o desempenho operacional da produção no ambiente industrial. Pontes Rolantes e Pórticos são equipamentos utilizados nos diversos campos industriais (de serviço, de manutenção, de produção e de geração de energia), tornando-se portanto elementos indispensáveis às atividades dos diversos setores. A modernização e a eficiência destes equipamentos são fundamentais para minimizar os custos relativos à manutenção e otimizar sua disponibilidade. A manutenção para correção de defeitos ou substituição de peças, principalmente de equipamentos antigos, vem se tornando cada vez mais onerosa devido à indisponibilidade de componentes que saíram de linha devido à implantação de novas tecnologias. Reformar e/ou modernizar equipamentos de levantamento é necessário, principalmente aqueles que foram fabricados a mais de 30 anos e aplicados em usinas hidrelétricas. Durante a construção da usina, estes equipamentos são solicitados de forma severa, ficando após este período praticamente em repouso. Na época de manutenção das turbinas e geradores serão novamente solicitados nesta condição e poderão apresentar falhas elétricas e/ou mecânicas. A proposta deste trabalho é orientar e esclarecer como e o que solicitar em editais de reabilitações. Ou seja, definir o tipo de intervenção que deverá ser solicitada em equipamentos de movimentação de carga em usinas hidrelétricas: Manutenção, Reforma ou Modernização.*

Palavras-chave: Manutenção, Reforma, Modernização, Equipamentos de Movimentação de Cargas.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, existe uma demanda crescente de serviços de reforma, modernização e manutenção de equipamentos de elevação de cargas que operam em usinas hidroelétricas. Isto porque, o tempo de operação de muitas usinas hidroelétricas brasileiras está próximo de, ou ultrapassa 30 anos. Desta forma, os fabricantes de equipamentos de levantamento e movimentação de cargas têm em mãos um grande desafio. Ou seja, para cada aplicação, tipo de equipamento de cada usina, definir qual será o melhor serviço a ser executado: Reforma, Modernização ou Manutenção.

A definição entre Reforma, Modernização ou Manutenção levará em consideração fatores como segurança de operação, durabilidade, redução de custos. Esta definição será feita com base nos dados levantados em campo e na análise crítica do pessoal especializado.

Para se obter um diagnóstico preciso de cada componente do equipamento e portanto definir o tipo de serviço a ser executado, é necessário executar uma sequência de inspeções e verificações que serão detalhadas e comentadas neste artigo.

Uma vez executadas estas inspeções, é possível definir qual é o tipo de serviço a ser executado: Modernização, Reforma ou Manutenção. A partir desta definição que levará em consideração fatores como

* benedito.filho@power.alstom.com

redução de custos, segurança de operação, será possível orientar os clientes para os serviços de otimização nas usinas hidroelétricas.

2 INSPEÇÕES A SEREM EXECUTADAS NO CAMPO

Para se obter um banco de dados confiável e definir todos os serviços a serem executados nos equipamentos de movimentação de cargas da usina, uma sequência de inspeções iniciais é sugerida na Tabela I. Após esta verificação inicial, uma sequência de inspeções é detalhada a seguir. A sequência de operações apresentada neste artigo é definida de acordo com a experiência de fabricantes e análise de engenharia. Porém, todos os requisitos apresentados no item 1.15 da norma [2] devem ser verificados e cumpridos. Outras normas de igual importância devem ser salientadas e cumpridas.
De acordo com [1], o objetivo desta norma é prevenir e minimizar danos ou injúrias aos trabalhadores, preservar a vida e a propriedade, definindo requisitos de segurança. Prover orientação aos fabricantes, proprietários, empregados, usuários e outros que se interessam ou sejam responsáveis pela sua aplicação.

TABELA I. INSPEÇÕES INICIAIS DO EQUIPAMENTO DE LEVANTAMENTO

ITEM	Atividade
1	Identificar fabricantes dos motores, redutores e freios
2	Tirar fotos de todas as partes do equipamento e de todas as placas dos motores/redutores e freios
3	Para medir velocidades de translação: marcar um espaço de 2 a 3 m no trilho e cronometrar o tempo
4	Para medir velocidades das elevações: marcar um espaço de 1 a 2 m no cabo de aço e cronometrar o tempo - repetir o ensaio pelo menos três vezes
5	Tirar cópia de todos os desenhos existentes

O quinto item da Tabela I é muito importante. Isto porque é possível checar se existe algum erro de projeto. É prudente checar a classificação da estrutura e dos mecanismos para verificar se o equipamento está projetado para as condições de operação em usinas hidroelétricas. Segundo [4] é possível verificar o tempo médio diário de uso do equipamento e classificá-lo de acordo com a operação.
Outro fator importante é a verificação de qualquer tipo de modificação no projeto original. Verificar se algum componente foi substituído ou reparado durante a vida do equipamento. Em algumas situações, é conveniente fazer uma entrevista com operadores do equipamento para verificar se o mesmo foi utilizado em situações de excesso de carga e quantas vezes ocorreram. Segundo [2], as condições de serviço têm uma influência importante na vida dos componentes do equipamento, como rodas, engrenagens, rolamentos, cabos de aço, equipamento elétrico, e devem ser consideradas na especificação para garantir o período máximo de vida em fadiga com a mínima operação. Logicamente que o fator custo é sempre levado em consideração. O equipamento deve atender os requisitos mínimos e ainda possuir custo baixo.
Antes de iniciar qualquer serviço de inspeção em equipamentos de levantamento e movimentação de cargas é necessário seguir as atividades apresentadas na Tabela 1. Após a execução destas atividades iniciais, é sugerida a seguinte sequência de inspeções detalhadas:

2.1 Inspeções nas Elevações:

2.1.1 Redutores

A maioria dos equipamentos possuem redutores com caixa bipartida nas elevações. Estes redutores são de excelente qualidade e dificilmente apresentam problemas. Porém, nas modernizações geralmente abrem-se estas caixas, trocam-se os rolamentos e fazem-se verificações nos dentes de engrenagens através de inspeção com líquido penetrante e inspeção visual.

Alguns problemas podem ocorrer após a montagem e desmontagem das engrenagens. Ou seja, um aumento no ruído do redutor pode ocorrer se as posições dos dentes forem alteradas. É normal o redutor apresentar um pequeno aumento do ruído após a desmontagem e montagem das engrenagens.
Quando alguns dos pares engrenados apresentam problemas, é necessário analisar o custo beneficio de substituição e definir a melhor solução.
Dependendo do caso, a melhor solução é a substituição da caixa.
Para cada situação, substituição da caixa, substituição das engrenagens e rolamentos, devem-se levar em conta o tempo de utilização, fornecedores e riscos, etc. Deve-se levar em consideração também a avaliação de custo benefício, se as engrenagens devem ser substituídas ou necessitam que os dentes sejam corrigidos.
A Figura 1 apresenta uma caixa de redutor desmontada para verificação das engrenagens.



Fig. 1– Inspeções no redutor de velocidades

2.1.2 Freios

Os freios são componentes de grande importância e merecem atenção especial, principalmente por serem componentes responsáveis pela segurança. Na maioria dos casos somente as sapatas são substituídas, mais especificamente onde são rebitadas.

É importante verificar as molas e as próprias estruturas dos freios. As molas trabalham tanto como as sapatas, por isso a importância de verificação destas. Fazer substituição de uma mola se torna ainda mais difícil, pois às vezes o fabricante não as fornece mais, e sem às características reais não é recomendado correr risco.

Para outros tipos de freios como os freios a disco, recomenda-se a substituição das pastilhas.

Para uma garantia e segurança, estes equipamentos devem ser substituídos no equipamento. Desta forma, obtém-se maior eficiência nos trabalhos executados. A Figura 2 apresenta o freio eletro-hidráulico de dupla sapata que foi instalado na ponte rolante da casa de força da Usina Hidroelétrica de Guri, na Venezuela.

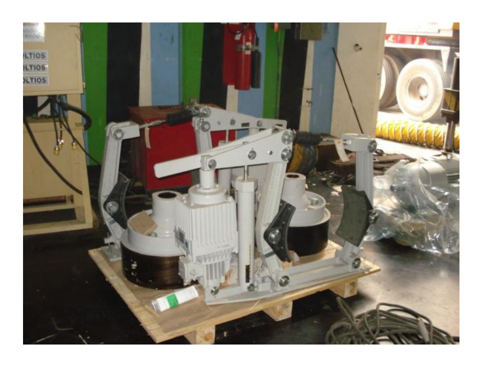


Fig. 2 – Freio eletro-hidráulico de dupla sapata

2.1.3 Motores

Primeiramente, verifica-se o aspecto visual do motor, se existem sinais de corrosão, batidas ou danos na carcaça. É interessante verificar se existe algum tipo de desalinhamento do eixo do motor, e verificar o

acoplamento e o freio incorporado, se houver. Após esta inspeção visual, faz-se um teste de funcionamento para checar as velocidades. Ou seja, marcar um espaço de 1 a 2 m no cabo de aço e cronometrar o tempo. Repetir o ensaio pelo menos três vezes para saber se os dados estão coerentes. Verificar se não há ruído excessivo e/ou superaquecimento.

Normalmente nos trabalhos de modernização, os motores são substituídos. Isto porque, existe muita obsolescência nestes componentes e também por causa do desgaste normal de utilização.

Para atender as aplicações de controle de velocidade em equipamentos de levantamento antigos, são utilizados motores de indução trifásicos com rotor bobinado, denominados de motores de anéis, os quais possuem o circuito do rotor ligado a anéis coletores, onde através de escovas de contato deslizantes, permite variar externamente a resistência rotórica, variando a velocidade dos mesmos, seja por chaveamento de resistências em degraus, via contatores ou controle contínuo através de reostato.

O sistema de freio dos motores antigos, utilizava-se freios do tipo Foucault, que não são aplicados atualmente.

Os sistemas de controle de velocidade modernos utilizam motores de indução trifásicos com rotor de gaiola, onde através de inversores de frequência permitem o controle preciso de velocidade e de posição e com torque nominal com velocidade próximo de zero.

Normalmente, nos trabalhos de modernização, são aplicados controle de velocidades através de inversor de frequência com a respectiva substituição dos motores de anéis existentes.

Deve-se sempre verificar, medir e inspecionar as fixações e bases do motor elétrico no caso de substituição.

A Figura 3 apresenta a imagem do motor elétrico do sistema de elevação principal da ponte rolante da casa de força da Usina Hidroelétrica de Guri, na Venezuela, antes e depois da substituição.



Fig. 3 – Substituição do motor elétrico da elevação

2.1.4 Tambores

Nos trabalhos de inspeção dos tambores, o ideal é fazer uma limpeza total nas ranhuras. Após a execução desta limpeza, é necessário fazer alguns ensaios, como líquido penetrante, além da verificação dimensional e inspeção visual das ranhuras. A inspeção visual das ranhuras é importante para verificar se existe desgaste excessivo nas mesmas.

Antes da desmontagem necessita fazer verificações:

Primeiramente, verificar o dimensional das ranhuras, passo, profundidade, desgaste, etc.

A seguir, colocar um relógio comparador nos diâmetros para verificar os batimentos e desvios, principalmente no centro do tambor.

Após isto, fazer ensaio de líquido penetrante nos locais das ranhuras para verificar possíveis danos causados durante o uso. Fazer ultrassom nas soldas para garantir que está em perfeita condição de trabalho também é importante.

Nas pontas de eixo, é muito importante verificar o dimensional completo, principalmente no local do rolamento. O rolamento também é um item de grande importância, mesmo apresentando boa característica deve ser substituído.

Alguns tambores possuem engrenagens em seu diâmetro externo. Neste caso, deve-se fazer o mesmo procedimento para os redutores, ou seja, limpeza e ensaio de líquido penetrante nos dentes.

2.1.5 Cabos de aço

Os cabos de aço devem sempre ser verificados. Isto porque são itens importantíssimos para a segurança do equipamento. Devem ser feitas as seguintes verificações no cabo de aço: Medição do diâmetro, medição do passo, verificação dos arames e lubrificação. Assim como itens como eixos, engrenagens, as sequências de lubrificação dos cabos de aço devem ser verificadas.

Nos cabos com alma de fibra em equipamento exposto ao tempo, devem-se inspecionar muito bem estes cabos. Ou seja, verificar se existe oxidação de dentro para fora.

Os mesmos devem ser sempre lubrificados para evitar corrosão.

A Figura 4 apresenta a substituição do cabo de aço da elevação da ponte rolante da casa de força da Usina Hidroelétrica de Guri, na Venezuela.



Fig. 4 – Substituição do cabo de aço da elevação

2.1.6 Ganchos

A principal verificação nos gancho é visual. Se necessário, executar uma limpeza e fazer ensaios de líquido penetrante e partículas magnéticas em toda a superfície do gancho.

Para o rolamento axial do gancho, é importante inspecionar a pista do rolamento para verificar se existe desgaste. Na maioria das vezes se faz uma limpeza, pois dificilmente apresentam desgaste.

Após estas verificações, checar a travessa. Na travessa do gancho, realizar uma limpeza, e após isto, deve-se fazer uma inspeção dimensional de acordo com o projeto e ensaio de líquido penetrante, se necessário.

A rosca do gancho e porca deverá ser desmontada e limpa. Após isto, um ensaio por líquido penetrante deve ser feito. A folga na rosca conforme norma também deve ser verificada.

2.1.7 Roldanas do moitão

Analisar visual e dimensional. Verificar o desgaste no local onde o cabo trabalha e o ângulo de saída, pois se tiver atrito com o cabo o mesmo poderá ser danificado.

2.1.8 Rolamentos das roldanas

Os rolamentos devem ser retirados, verificados, limpos e remontados, na maioria das vezes não são substituídos.

O mesmo procedimento é realizado para as polias de passagem.

2.2 Inspeções na Estrutura do carro

As inspeções estruturais são importantíssimas e sempre devem ser feitas. Isto porque a integridade da estrutura é um fator crítico de segurança. Recomenda-se que, antes de desmontar o carro, devem-se colocar macacos para erguer o carro uns 25mm do trilho. Após isto, deixar as quatro rodas niveladas e verificar o esquadro medindo as diagonais.

Para se fazer isto é muito importante encontrar os centros das rodas e descer um prumo de centro, onde o mesmo ira tocar no trilho. Bater um punção no local.

É necessário verificar a inclinação das rodas, colocando com nível de precisão de 0,05 mm por metro. Pode-se realizar este procedimento através de teodolito.

Na estrutura em geral, é importante fazer uma verificação visual e líquido penetrante nos pontos críticos, como regiões de soldas, furos, cantos vivos. Se possível, checar os memoriais de cálculo das vigas e inspecionar os pontos de máxima tensão.

O centro da viga onde são fixadas as polias de passagem deve ser verificado. Verificar se existe deformação vertical permanente nesta viga. Como esta viga suporta os eixos das roldanas, as deformações verticais (flechas) devem ser mínimas. Recomenda-se utilizar uma deformação admissível de 1/2000 nestas vigas, quando se utiliza apenas um eixo de sustentação das polias de passagem superiores.

As regiões das vigas, onde se localizam os mancais de rodas devem ser verificadas, de forma a fazer uma checagem dimensional.

Para os equipamentos que sofrem intempéries, as fixações nas junções com parafusos devem ser verificadas e substituídas, pois neste local acontecem corrosões nos parafusos e redução de área nas junções. Recomenda-se atenção nestas substituições. Sempre substituir um parafuso de cada vez, para não perder a montagem e esquadro.

2.3 Inspeções na Direção do carro

Nos carros mais antigos existem acionamentos centrais com redutor, motor e freio, com barras e mancais distribuindo para as rodas.

Atualmente, com a utilização dos moto-redutores acoplados diretamente nas rodas; fica muito fácil a manutenção e reposição destes componentes. Isto porque, são itens de fornecedores diretos. Com isto a passarela da viga fica mais livre para passagem e mais seguro para manutenção.

2.3.1 Rodas

Antes da desmontagem das rodas, é importante verificar as diagonais do carro para ver se esta no esquadro. Quando executar a desmontagem das rodas, fazer uma verificação dimensional. Verificar os seguintes itens: Diâmetro externo, Pista de rolamento, Mancal de rolamento, Rolamentos e retentores, Eixos e furos de lubrificação. Verificar se existe desgaste excessivo nos flanges das rodas.

Segundo [3], todas as peças submetidas a desgaste deverão ser inspecionadas continuamente, em especial, as rodas da translação, com seus flanges e pista de rolamento. Deve-se observar se existem danos, desgaste excessivo e falta de lubrificação.

2.4 Inspeções na Estrutura e caminho de rolamento da Ponte ou Pórtico

Algumas pontes rolantes apresentam problemas com rodas se desgastando pelas laterais ou até mesmo travando ao longo do trajeto. Estes problemas, ocorrem possivelmente, devido ao desalinhamento das vigas com as cabeceiras/truques.

Recomenda-se executar algumas análises, as quais são descritas abaixo.

Primeiramente, verificar o comportamento ao transladar, escolhendo um trajeto de aproximadamente uns 15 metros, marcando a posição de saída colocando relógio comparador. Ou seja, executa a translação da ponte em 15m e depois retorna. Recomenda-se cuidado com os comparadores ao retornar porque provavelmente a posição irá mudar e portanto, perder a referência. Desta forma, tem-se a posição zero do relógio na folga da roda e a diferença do desvio.

Após este procedimento, os centros de rodas do equipamento são encontrados. Marca-se esta coordenada no trilho e mede-se a diagonal. A seguir, movimenta-se o equipamento, 15 m para direta e para esquerda, e repete o procedimento.

Realizados os procedimentos acima, pode-se ter três casos típicos de problemas que devem ser solucionados:

Caso I: Se as medições das diagonais sofrerem alterações, significa que os truques ou cabeceiras estão se movimentando lateralmente. Geralmente estes casos ocorrem nos equipamentos que possuem truques. Isto porque, no local da cela, poderá ter folga no furo da estrutura do truque. Ou seja, a cela pode ter torcido ou, uma fixação pode estar ruim. As possíveis causas destes problemas são: frenagens desreguladas, velocidades altas, falta de sincronismo motores, etc.

Caso II: Se as medições das diagonais não alterarem. Estes são casos de cabeceiras fixadas sobre as vigas. Ou seja, recomenda-se verificar se os mancais estão corretamente fixados, ou se movimentaram. Recomenda-se também verificar se as fixações das vigas na cabeceira estão corretas, se os parafusos estão quebrados, se as frenagens estão corretas, e se existe sincronismo nos motores.

Caso III; Verificação do caminho de rolamento da ponte. Recomenda-se verificar as fixações, alinhamento e nivelamento dos caminhos de rolamento. Nos caminhos de rolamentos temos alguns fatores que devem ser considerados. Isto porque, o equipamento pode estar correto, e o problema estar no caminho de rolamento.

Os possíveis problemas no caminho de rolamento são: Quando temos fixação por colunas de aço e viga rolamento de aço, recomenda-se fazer verificação em prumo das colunas. Ou seja, colocar comparador em ponto fixo ao lado da coluna e movimentar a ponte com carga e sem carga. É recomendável checar as fixações quebradas, juntas de dilatação, prendedores, nos dias quentes nos períodos da manhã, da tarde, e noite, e também em dias frios, de manhã, tarde e noite.

Quando temos viga de rolamento de aço de um lado, e viga de concreto do outro, deve-se analisar e conferir muito bem o fator de dilatação, alguns casos a abertura é maior do que esperado.

2.4.1 Corrimão

Para este item, verificar se as colunas forem de tubos. Caso positivo, deve-se substituí-los pois a estaremos mais a favor da segurança. Isto porque os tubos quando soldados nas passarelas sempre apresentam corrosão nos locais de solda. Ou seja, esta corrosão vem da parte interna para a externa.

2.4.2 Dispositivos de proteção mecânica

Substituir todos os dispositivos de estacionamento do pórtico. Recomenda-se utilizar dispositivos de travamento manual, tipo faca.

2.5 Inspeções na Parte Elétrica

2.5.1 Inspeções no Barramento Alimentador

Este item sempre deve ser verificado e inspecionado. Nos trabalhos de modernização, o barramento alimentador quase sempre é substituído, pois existem equipamentos antigos que são alimentados através de fio de cobre nu, sem qualquer proteção física.

Atualmente, na grande maioria dos projetos de modernização, o tipo barramento escolhido é o de alumínio, que apresenta diversas vantagens como: alta resistência à corrosão, baixo preço, baixo peso específico. A Figura 5 apresenta a ponte rolante com alimentação elétrica através de barramento blindado de alumínio.

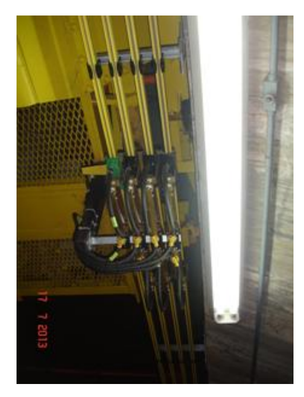


Fig. 5 – Barramento blindado em alumínio

2.5.2 Inspeções no Enrolador de Cabos

Da mesma forma que o barramento blindado, o enrolador de cabos é um item prioritário, principalmente nos trabalhos de modernização. Com o tempo, o enrolador de cabos começa a apresentar sinais de falhas. Um exemplo comum é quando o cabo elétrico começa a formar uma "alça" ou "barriga". Ou seja, o enrolador não mantém a tração no cabo constante. A Figura 6 apresenta um enrolador de cabos com folga de enrolamento.

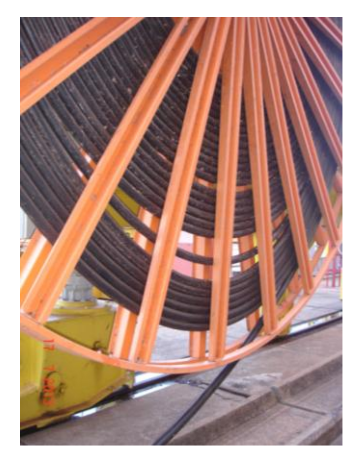


Fig. 6 – Enrolador de Cabos

Atualmente, nos trabalhos de modernização, a utilização de enroladores de cabos com embreagem magnética está sendo preferida. Este tipo de enrolador apresenta várias vantagens, dentre elas: alta eficiência; baixo consumo de energia; torque constante e suave para garantir a máxima vida do cabo, sem contato, sem fricção, sem necessidade de lubrificação, não há perda de tensão durante falhas de energia. Além disto, os enroladores de cabos com embreagem magnética apresentam menor quantidade de peças sobressalentes e permitem trabalhar com sistemas intercambiáveis, ou seja, sistemas modulares.

2.5.3 Inspeções nos Painéis de Comando

Devido aos fatores mencionados anteriormente, principalmente o fator obsolescência, os painéis de comando devem ser inspecionados e verificados. Na grande maioria dos projetos de modernização dos equipamentos de movimentação de cargas, os painéis são substituídos, em função da falta de sobressalentes, e elevado custo de adaptações necessárias nos circuitos de controle antigos, de modo a operar com inversores de frequências, aplicados aos controles de velocidades atualmente. A Figura 7 apresenta os painéis de comando da ponte rolante da casa de força da usina hidroelétrica de Guri, na Venezuela, antes e depois da modernização:



Fig. 7 – Painéis de comando da ponte rolante da usina hidroelétrica de Guri, (antes e depois).

2.5.4 Inspeções na Cabine de Comando

A cabine de comando é um item importantíssimo a ser verificado. Tanto a parte mecânica (estrutural) quanto à parte elétrica (posto de comando). Na parte estrutural, checar as fixações, chapas de reforço e vidros. Checar visualmente se não há sinais de corrosão ou danos na estrutura.

Devido principalmente, a fatores como obsolescência, o posto de comando da cabine é substituído na grande maioria dos projetos de modernização dos equipamentos. A Figura 8 apresenta a modernização da cabine de comando da ponte rolante da casa de força da usina hidroelétrica de Guri, na Venezuela.



Fig. 8 – Modernização da cabine de comando da ponte rolante da usina hidroelétrica de Guri, (antes e depois).

2.5.5 Cabos de força, comando e controle

Em função da modernização todos os cabos elétricos deverão ser substituídos e dimensionados conforme o novo projeto de comando e controle de velocidade por inversores de frequência.

2.5.6 Dispositivos de segurança

Todos os dispositivos de segurança, tais como células de carga, e limites de fim de curso de direção, translação e elevações deverão ser substituídos por equipamentos de fabricação atual. E incluir itens faltantes de proteção, tais como anti-colisão entre carros, anti-colisão entre pontes, anti-interferência entre pontes e dispositivos de supervisão tais como posição do gancho para sincronismo de elevação, etc.

2.5.7 Sistema de iluminação

Nos trabalhos de modernização, recomenda-se substituir todo o sistema de iluminação do equipamento de levantamento. Ou seja, substituir todas as lâmpadas, cabos elétricos e demais acessórios do sistema de iluminação.

3 DEFINIÇÃO DO TIPO DE SERVIÇO A SER EXECUTADO

A partir do levantamento de informações obtidas no campo, e seguindo os procedimentos descritos acima, é possível obter um diagnóstico preciso sobre qual será o tipo de serviço ideal para cada equipamento. Sempre levando em consideração fatores como custo, segurança, a equipe de engenharia propõe junto ao cliente o melhor serviço a ser executado, ou seja, reforma, manutenção ou modernização.

Os trabalhos de reforma estão relacionados com equipamentos danificados, com mau funcionamento, com trincas ou quebrados, tanto na parte mecânica (estruturas e mecanismos) quanto na parte elétrica. Neste caso, a substituição de peças, pintura, soldas, substituição de parafusos são serviços recomendados.

Os trabalhos de modernização estão relacionados com o objetivo de otimizar o equipamento, ou seja, instalar no equipamento a tecnologia mais avançada possível. Este é o caso dos trabalhos de substituição do sistema de controle de velocidades. Ou seja, substituir um sistema de controle de velocidades através de motores com dupla polaridade por um sistema com inversor de frequência. Outro exemplo: a substituição do sistema de alimentação elétrica, de fio de cobre nu para barramento blindado em alumínio. Outros trabalhos

relacionados com a utilização de enroladores de cabo com embreagem magnética, instalação de controle remoto, substituição do posto de comando da cabine, dos painéis e cabos elétricos são exemplos típicos de serviços de modernização.

Os trabalhos de manutenção estão relacionados com o objetivo de manter o funcionamento do equipamento. Este é o caso de uma reforma em um equipamento com alta frequência de utilização do movimento de levantamento. Um exemplo clássico é o caso de uma máquina limpa-grades da tomada d'água, que dependendo da condição de detritos, troncos e plantas aquáticas do rio, pode ser solicitada de forma severa e contínua. Normalmente, eventuais intervenções neste equipamento devem ser rápidas e corretivas, já que a operação defeituosa deste equipamento pode prejudicar a geração de energia da usina, devido ao alto percentual de obstrução das grades.

4 CONCLUSÕES

A partir dos trabalhos coletados em campo e análise de engenharia é possível propor para os clientes a melhor solução para os equipamentos, considerando menor custo e maior segurança, ou seja, definir se a melhor opção é Reforma, Modernização ou Manutenção.
Os trabalhos de Reforma são recomendados nos casos onde os equipamentos apresentam falhas e/ou mau funcionamento devido ao longo tempo de operação dos equipamentos. É importante salientar que os trabalhos de reforma são recomendados para equipamentos onde se têm longos períodos de parada. Normalmente, os serviços de Reforma são, muitas vezes, longos. Ou seja, estes períodos de parada não devem prejudicar os as atividades de operação da usina.
Os trabalhos de Modernização são recomendados, na maioria das vezes, nos casos onde há alto nível de obsolescência dos componentes. Da mesma forma que a Reforma, a Modernização depende de um período de parada para a execução dos serviços.
Já os trabalhos de manutenção devem ser rápidos e eficazes, de forma a não prejudicar a operação, como nos casos dos equipamentos de movimentação com alta de frequência de utilização.

5 REFERÊNCIAS

[1] ASME B30.2-2005, *Overhead and Gantry Cranes,* American Society of Mechanical Engineers, 2001.

[2] CMAA 70, *Specification for Electric Overhead Traveling Cranes*, Association of Iron and Steel Engineers, Pittsburg, 2000.

[3] Ernst, H. *Aparatos de Elevación y Transporte*. Vol. I e II, Editorial Blume, Madrid, 1972.

[4] NBR 8400, *Cálculo de Equipamentos para Levantamento e Movimentação de Cargas*. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, São Paulo, 1984.